



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 12 622 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 04 R 3/00**

②1 Aktenzeichen: P 42 12 622.3  
②2 Anmeldetag: 15. 4. 92  
④3 Offenlegungstag: 21. 10. 93

DE 42 12 622 A 1

⑦1 Anmelder:  
Kroll, Clemens, Dr.-Ing., 82131 Stockdorf, DE

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤4 Filter für Lautsprecher

⑤7 Hochpaßfilter für Lautsprecheranwendungen in Mehrwegesystemen.

Herkömmliche Filtertypen und Filtertopologien bewirken keinen glatten Frequenzgang im Baßbereich, insbesondere dann, wenn untere und obere Grenzfrequenz des Baßkanals eng nebeneinander liegen, wie dies bei Satelliten-Subwoofersystemen notwendig ist. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, auch für solche Fälle einen glatten Frequenzgang zu ermöglichen.

Gelöst wird die Aufgabe durch ein speziell angepaßtes Filter, das in den Mitten-Hochtonpfad eingefügt wird, welches die akustische Hochpaßcharakteristik des Baßkanals realisiert. Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Filter im Bereich kleiner wohnzimmergerechter Satelliten-Subwoofersysteme.

DE 42 12 622 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 93 308 042/120

6/44

## Beschreibung

Im Lautsprecherbau verteilen in Mehrwegesystemen (üblich sind 2 bis 5 Wege) Filter die einzelnen Frequenzbereiche auf die dafür geeigneten Chassis. Vor anderen Eigenschaften wie räumliche Abstrahlcharakteristik oder Parameterunempfindlichkeit ist es Hauptaufgabe der Filter im Zusammenspiel mit den Chassis einen glatten Frequenzgang zu erzielen (Allpasscharakteristik). Zu diesem Zweck sind verschiedene Filtertypen und Topologien im Einsatz. Der Stand der Technik wird nun beschrieben; Systeme mit mehr als zwei Wegen werden am Beispiel eines Dreiwegesystemes erläutert.

Für den Fall des Zweiwegesystemes (Bild II) empfehlen sich die aus der Literatur bekannten Allpassfilter: Butterworthfilter für ungerade Ordnung, Linkwitzfilter für gerade Ordnung. Doch schon im Dreiwegesystem gemäß Bild III zeigen die oben genannten Filter kein Über-Alles-Allpassverhalten mehr, wobei die Abweichungen immer größer werden, je näher die Trennfrequenzen beieinander liegen. Hier helfen Frequenzweichen nach dem Filler-Driver-Prinzip oder modifizierte Filterparameter wie von R.M.Bullock III beschrieben (Literaturhinweis).

Filtertopologien wie in Bild IV und V gezeigt funktionieren wieder mit Butterworth- oder Linkwitzfiltern, benötigen aber einen zusätzlichen Allpass, der das Phasenverhalten bewirkt, das Tiefpass und Hochpass zusammen erzeugen. (Der Allpass kann entfallen, wenn die Trennfrequenzen genügend weit auseinander liegen).

Neben den hier beschriebenen auch passiv realisierbaren Lösungen existieren weitere aktive Lösungen, die z. B. Konstantspannungsfilter realisieren oder Frequenzgangkorrekturen am Chassis vornehmen. Auch kann in aktiven Filtern die Parameterempfindlichkeit mittels Erzeugung der Filterfunktion durch Differenzbildung gesenkt werden. Ebenso gehört es zum Stand der Technik, das akustische Verhalten des Chassis, — Tiefpass beim Bass, Hochpass für den Hochtöner, Bandpass beim Mitteltöner — in den Filterblöcken gemäß gewählter Topologie zu berücksichtigen.

Allen bekannten Lösungen gemeinsam ist der unbefriedigende Frequenzgang im Bereich der oberen Grenzfrequenz des Basskanals, wenn diese niedrig liegt. Je schmaler der Frequenzbereich, den der Basskanal überträgt, desto stärker sind die Abweichungen von der Allpasscharakteristik (Bild VI). Insbesondere für Satelliten-Subwoofersysteme, die eine besonders niedrige Trennfrequenz zum Bass hin benötigen, wird der Frequenzgang inakzeptabel.

In der Praxis werden dann verschiedene Trennfrequenzen für den Tiefpass des Basskanals und den Hochpass des Mittel-Hochtonpfades benutzt, oder die Charakteristiken der beiden Filter variiert, um einen etwas glatteren Frequenzgang zu erreichen. Aus mathematischen Gründen ist ein wirklich glatter Frequenzgang mit dieser Methode nicht möglich, zum anderen werden dadurch zusätzliche Phasenverzerrungen eingefügt, die die Impulstreue deutlich verschlechtern.

Bild VI zeigt den Frequenzgang in den Fällen, daß der Bass eine, eineinhalb bzw. zwei Oktaven abstrahlt. (Dies sind typische Werte für Subwoofer.) Dabei wurde angenommen, daß der Bass Butterworthhochpasscharakteristik 4. Grades besitzt und zum Mittel-Hochtonbereich mittels Linkwitzfilter 4. Grades abgetrennt wird.

Aufgabe der Erfindung ist es, im Bassbereich und im Bereich der Übernahmefrequenz zum Mittel-Hochtonbereich einen linearen Frequenzgang bis hin zur unteren

ren Grenzfrequenz des Basses zu ermöglichen. Die Aufgabe wird gelöst durch ein Hochpassfilter (Bild I), das in den Mittel-Hochtonkanal eingebracht wird und das dieselbe akustische Hochpassfunktion realisiert, wie sie der Basskanal besitzt; d. h. Hochpassfunktion des Basses in seinem Gehäuse plus eventuell bezüglich Hochpassverhalten vorhandene Filter; optionell Subsonikfilter.

In manchen Spezialfällen existiert zu dem erfindungsgemäßen Hochpassfilter ein Allpassfilter mit gleichem Phasengang, das ebenso eine Linearisierung des Frequenzganges bewirkt. Die Wirkung des Hochpasses ist in Bild VI dargestellt. Durch das erfindungsgemäße Hochpassfilter erfährt der Mittel-Hochtonbereich dieselben Veränderungen wie der Basskanal, somit können sich dann Tiefpass 1 und Hochpass 1 (Bild IV) zur Allpasscharakteristik ergänzen. Die Kompensation gelingt mit dem erfindungsgemäßen Hochpassfilter exakt, mit dem erfindungsgemäßen Allpassfilter in sehr guter Näherung.

Die Erfindung wird nun anhand eines Beispiels — aktives Satelliten-Subwoofersystem — näher beschrieben. Der Satellit wird für diese Betrachtungen hinreichend genau mit Butterworth-Hochpasscharakteristik 2. Grades mit einer Grenzfrequenz von 100 Hz angenommen (Bild VII, Block C). In der aktiven Frequenzweiche ist ein weiteres Butterworth-Hochpassfilter 2. Grades mit Grenzfrequenz 100 Hz installiert (Block B). Filter B und C bilden zusammen das gewünschte 24 dB Linkwitzfilter für die akustische Übertragungsfunktion des Satelliten.

Der Bass habe nun in seinem geschlossenen Gehäuse eine Resonanzfrequenz von 45 Hz und eine gesamte Güte von  $Q=0,8$  (Block D, Bild VII). Ziel sei es, eine Grenzfrequenz von 35 Hz zu erreichen mit Butterworthcharakteristik 4. Grades. Zu diesem Zweck wird die Übertragungsfunktion des Basses mittels eines bi-quadratischen Filters auf eine Grenzfrequenz von 35 Hz und eine Güte von  $Q=0,54$  gebracht (Block E). Zusammen mit einem weiteren Hochpassfilter (Block F) entsteht die gewünschte Hochpassübertragungsfunktion des Basses. Bleibt noch, den Linkwitz-Tiefpass (Block G) hinzuzufügen, der sich mit den Blöcken B und C zur Allpasscharakteristik ergänzen soll.

Das erfindungsgemäße Hochpassfilter im Mittel-Hochtonpfad realisiert in diesem Beispiel die Gesamtübertragungsfunktion der Blöcke E, F und D.

In analoger Weise kann ein System betrachtet werden, das z. B. mit dem Bassreflexprinzip im Basskanal arbeitet. Ebenso können Teile der hier als aktiv beschriebenen Filter passiv in der Box oder durch geschickte Gehäuseabstimmung realisiert werden (z. B. kann bei passendem Gehäuse das biquadratische Filter entfallen). Auch ist man nicht an eine bestimmte Form des akustischen Hochpasses im Basskanal gebunden. Ebenso kann im Sinne der Erfindung berücksichtigt werden, wenn die verwendete Elektronik in aktiven Systemen keine Gleichspannungskoppelung besitzt oder Subsonikfilter im Signalpfad liegen, deren Grenzfrequenzen in der Nähe der unteren Grenzfrequenz des Basskanals liegt.

Das erfindungsgemäße Filter bewirkt einen glatten Frequenzgang, insbesondere wenn obere und untere Grenzfrequenz des Basskanals nahe beieinander liegen. Es ermöglicht darüber hinaus, bei Satelliten-Subwoofersystemen die Trennfrequenz tiefer zu legen, was Vorteile bei der Aufstellung des Systems und der Räumlichkeit der akustischen Abbildung bringt.

Literatur Lautsprecherboxen Götz Schwamkrug

## Patentansprüche

1. Hochpassfilter für Lautsprecheranwendungen in Mehrwegesystemen **dadurch gekennzeichnet**, daß es in Verbindung mit demjenigen Teil/denjenigen Teilen des Mehrwegesystemes, das/die nicht die tiefsten Frequenzen abstrahlt/abstrahlen den akustischen Hochpass desjenigen Teils des Systems nachbildet, das die tiefsten Frequenzen abstrahlt. 5
2. Hochpassfilter nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß das Filter passiv ausgeführt ist. 10
3. Hochpassfilter nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß das Filter Teil einer aktiven Frequenzweiche ist. 15
4. Hochpassfilter nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß das Filter akustisch durch Gehäuseauslegung gebildet wird. 20
5. Hochpassfilter nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß die zu realisierende akustische Hochpassfunktion aus der Kombination der Ansprüche 2 bis 4 entsteht. 25
6. Hochpassfilter nach Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet**, daß es in einem Satelliten-Subwoofersystem zum Einsatz kommt. 30
7. Hochpassfilter nach Anspruch 5 **dadurch gekennzeichnet**, daß es in einem Lautsprechersystem mit integriertem Subwoofer zum Einsatz kommt. 35
8. Hochpassfilter nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet**, daß der Subwoofer als Monobass ausgeführt ist. 40
9. Hochpassfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet**, daß eventuell vorhandene subsonische Filterfunktionen im Basskanal mitberücksichtigt werden. 45
10. Allpassfilter für Lautsprecheranwendungen in Mehrwegesystemen **dadurch gekennzeichnet**, daß das Allpassfilter im Zusammenwirken mit dem Mitten-Hochtonpfad den gleichen Phasengang produziert wie das Hochpassfilter der Ansprüche 1 bis 9 und an dessen Stelle eingebracht wird. 50

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

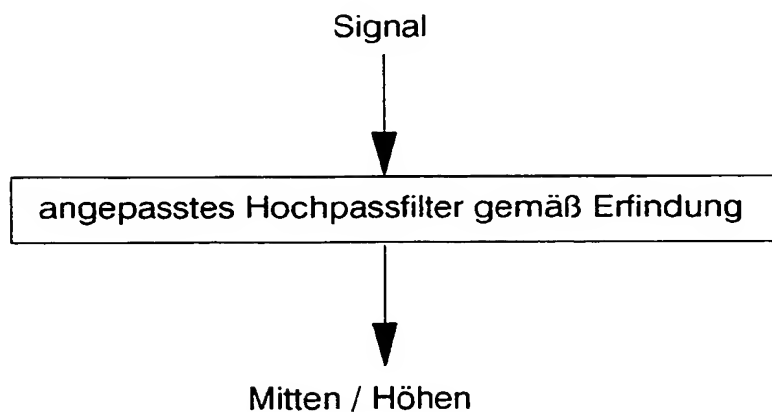
60

65

- Leerseite -

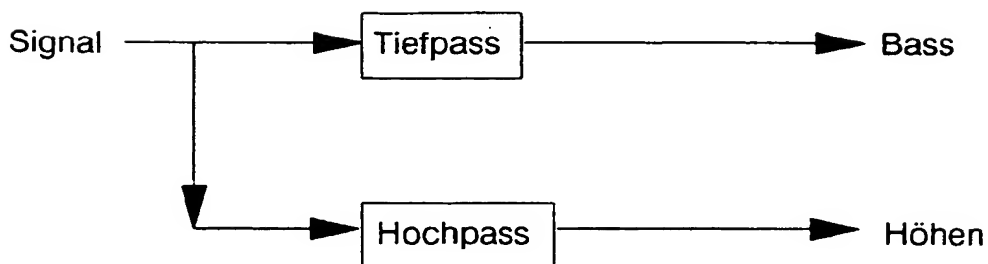
## Bild I

### Das Hochpassfilter

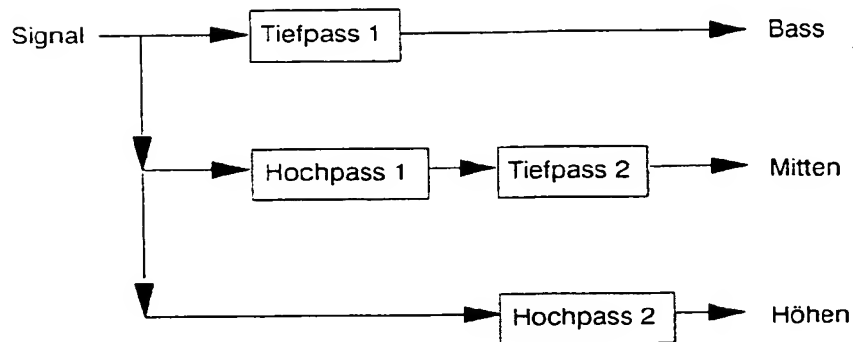


## Bild II

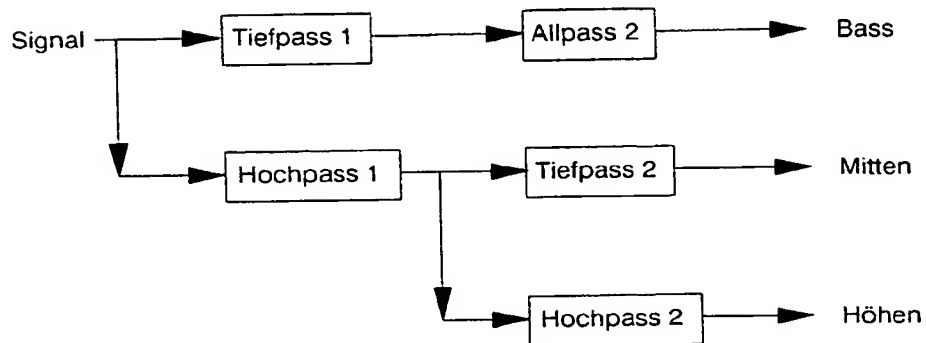
### Zweiwegesystem



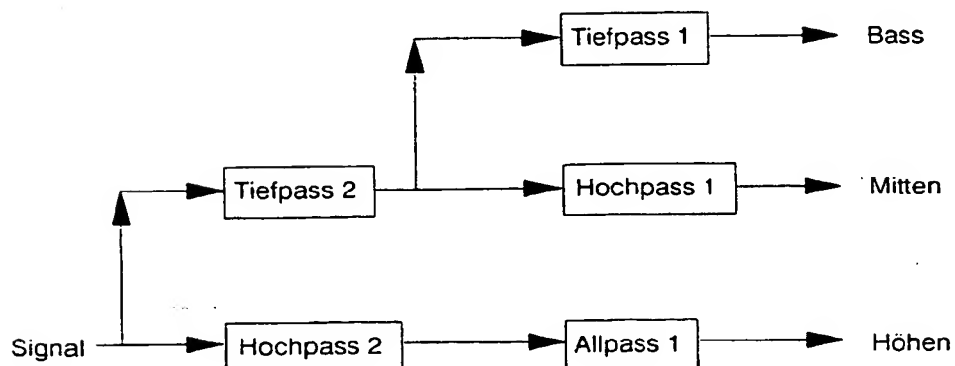
**Bild III**  
Dreiwegesystem Typ A



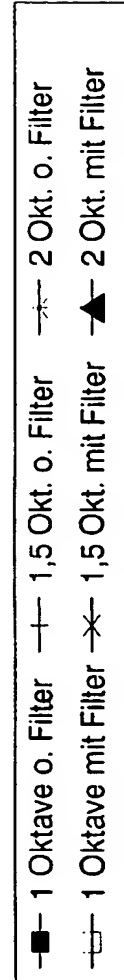
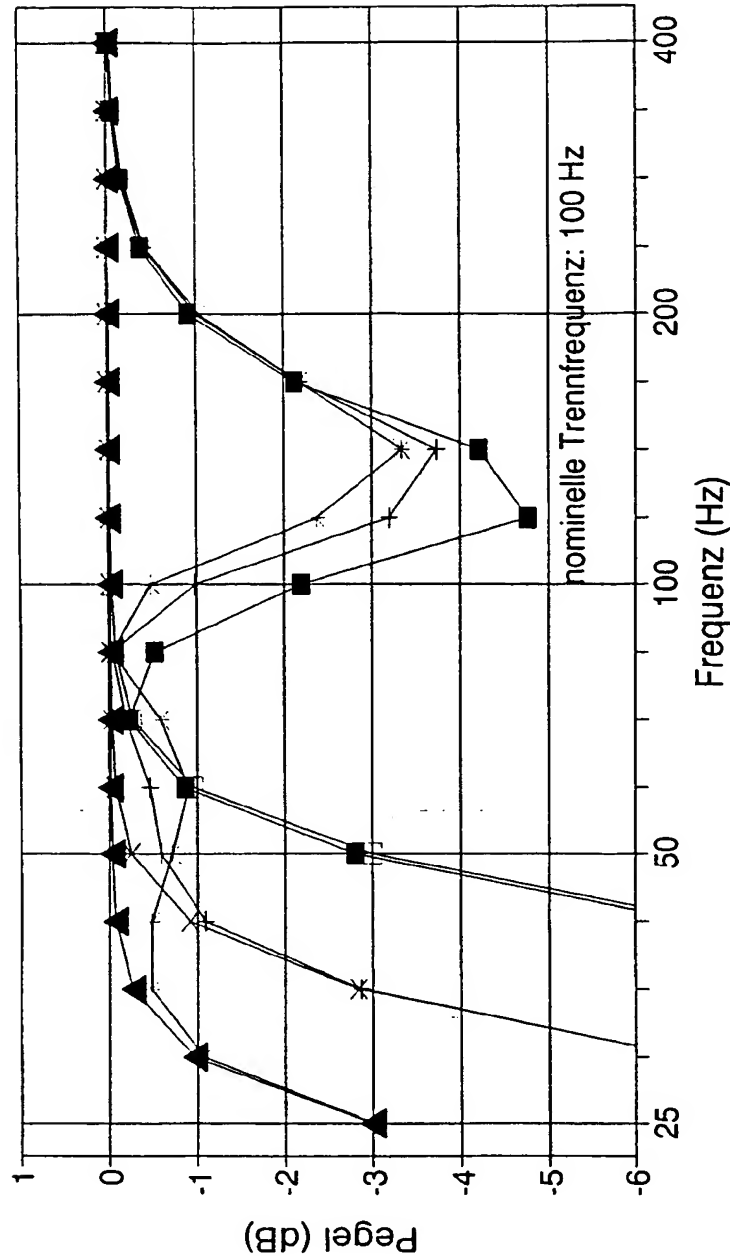
**Bild IV**  
Dreiwegesystem Typ B



**Bild V**  
Dreiwegesystem Typ B

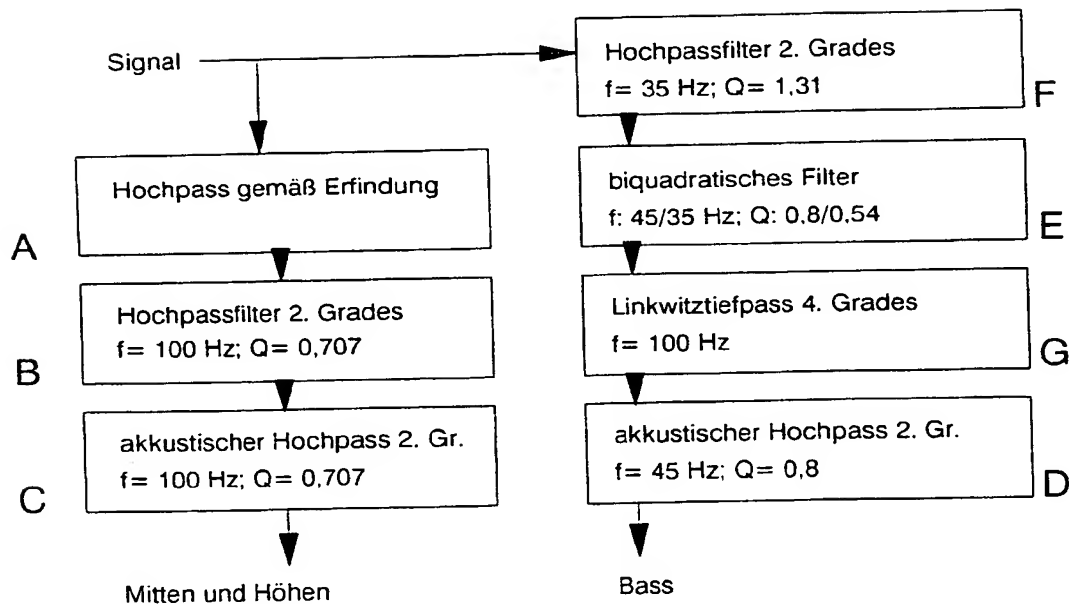


**Bild VI Frequenzgang**  
Vergleich mit/ohne Filter



## Bild VII

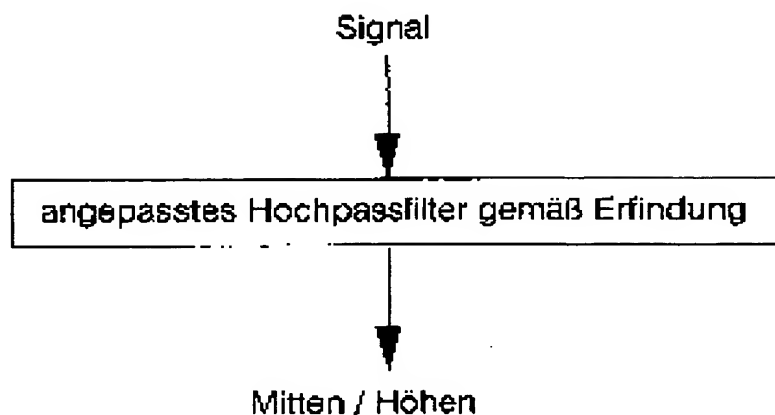
Ausführungsbeispiel





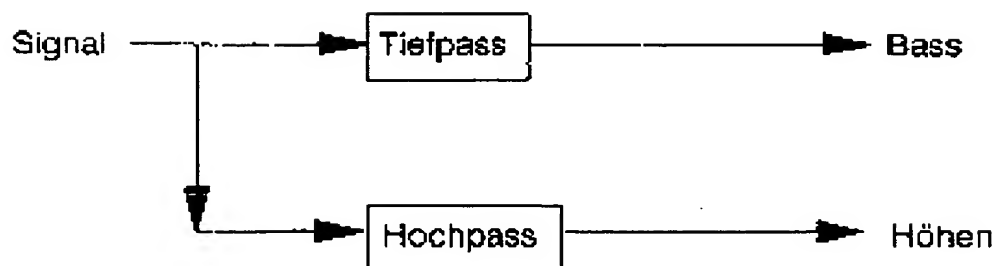
## Bild I

### Das Hochpassfilter

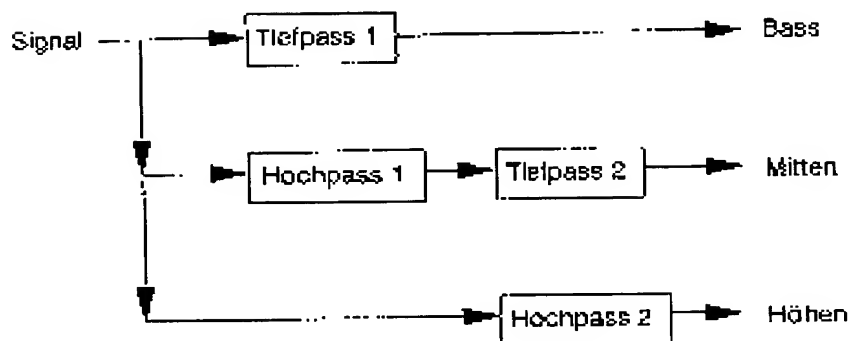


## Bild II

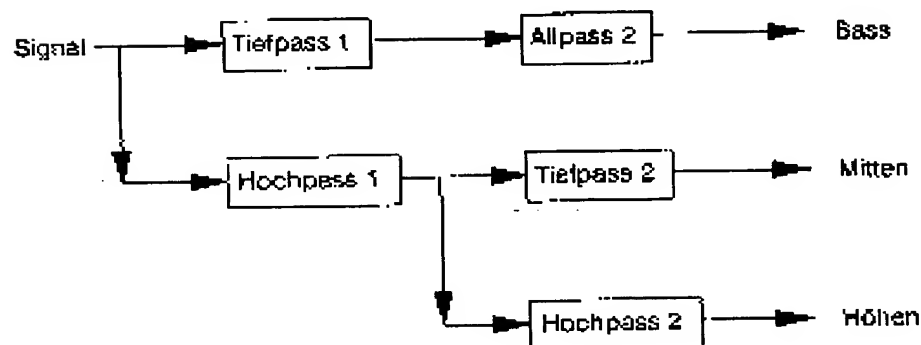
### Zweiwegesystem



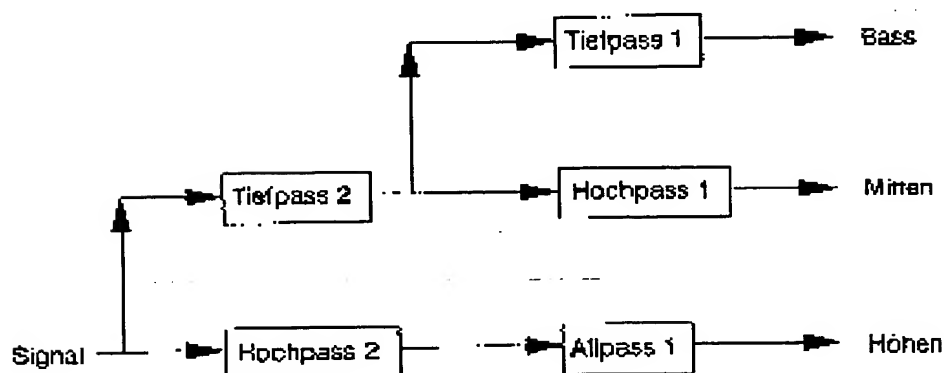
**Bild III**  
Dreiwegesystem Typ A



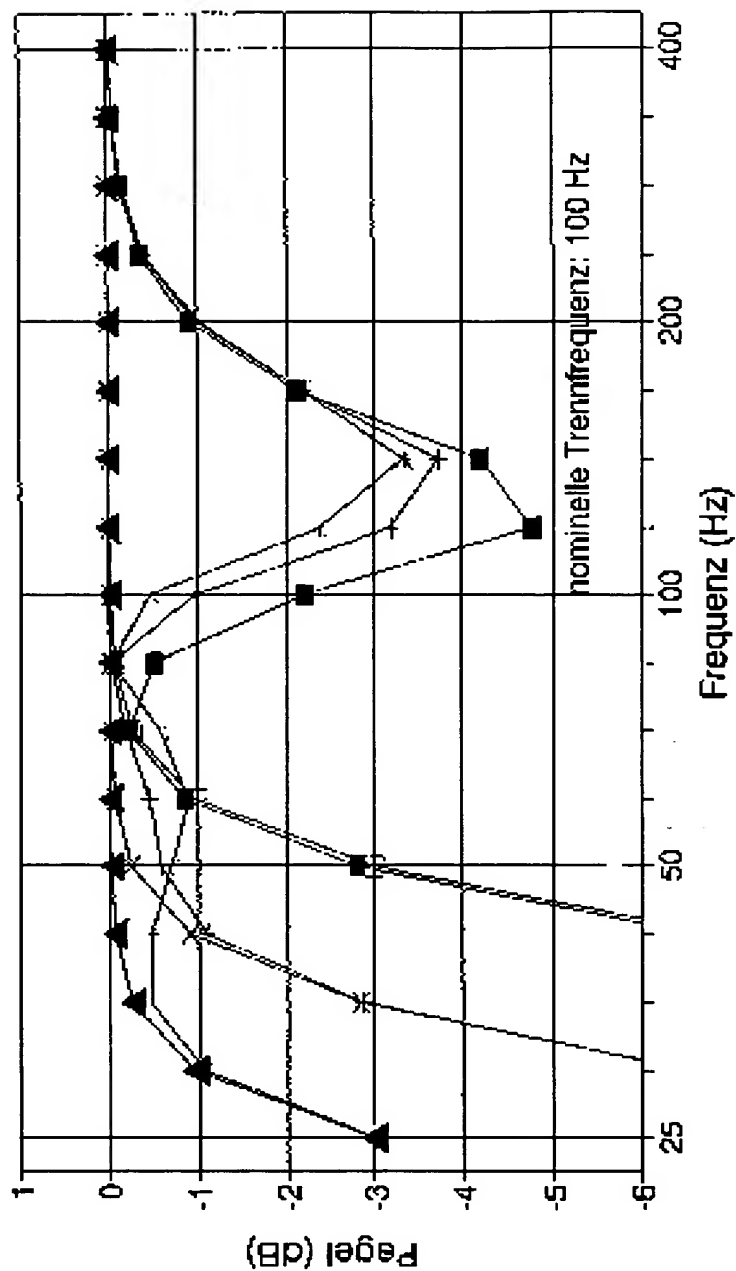
**Bild IV**  
Dreiwegesystem Typ B



**Bild V**  
Dreiwegesystem Typ B



**Bild VI Frequenzgang**  
Vergleich mit/ohne Filter



- 1 Oktave o. Filter    + 1,5 Okt. o. Filter    — 2 Okt. o. Filter
- 1 Oktave mit Filter    x 1,5 Okt. mit Filter    ▲ 2 Okt. mit Filter

**Bild VII**  
Ausführungsbeispiel

